

# Die Dispersion der Plagioklase. Albit und Anorthit

Von

Karl Chudoba, Wien

(Mit 18 Textfiguren)

(Vorgelegt in der Sitzung am 5. November 1925)

Bei der optischen Erforschung der Feldspate hat auch die Dispersion der optischen Achsen eine nicht unbedeutende Rolle gespielt. Die ersten Dispersionsarbeiten (1 bis 3) geben aber nur relative Verhältnisse der Achsenwinkel von  $\rho$  und  $\nu$  und die Art der beobachtbaren Dispersion an.

Max Schusters grundlegende Arbeit »Über die optische Orientierung der Plagioklase« (3) enthält wertvolle und einwandfreie Dispersionsbeobachtungen, welche sich durch alle neueren Untersuchungen immer wieder bestätigt finden. Doch geben sie keine Winkelmessungen.

Die ersten absoluten Dispersionsbestimmungen an Feldspaten röhren von C. Viola (4) her. In letzterer Zeit haben S. Kôzu (5, 6), S. Tsuboi (7) und H. Fischer (25) die Dispersion der Plagioklase genauer untersucht.

In vorliegender Arbeit soll der Versuch unternommen werden, mit Hilfe der »Graustellung« die absolute Dispersion des Albits von Rischuna und Anorthits vom Vesuv zu bestimmen. Außerdem möge bei den anderen bereits erforschten Gliedern der triklinen Feldspate das Vorkommen einer Graustellung überprüft werden. Die bisherigen Resultate seien dann am Schluß der Arbeit zusammengefaßt.

Über das Wesen der Graustellung orientiert die erste Mitteilung von F. Becke (8) über diese von ihm wahrgenommene Erscheinung.

Ihre Anwendung zu messenden Beobachtungen, die zuerst F. Bräutigam bei monoklinen Feldspaten durchführte (9), geht von einer Fiktion aus, nämlich davon, daß die optischen Achsen für Licht verschiedener Wellenlänge auch bei monoklinen Krystallen mit normalsymmetrischer Achsenlage und bei triklinen Krystallen in erster Annäherung in einer Ebene liegen, was zur Folge hat, daß die Achsenpole in stereographischer Projektion auf einen größten Kreis fallen. Im Interferenzbild einer Platte annähernd senkrecht zu den optischen Achsen erscheinen dann die Achsenpunkte für Licht verschiedener Wellenlänge längs einer Geraden aufgereiht, deren Winkel mit der Spur der Achsenebene für Licht mittlerer Wellenlänge, z. B. für Na-Licht, den Grauwinkel darstellt.

Daß diese Fiktion annähernd zutrifft, wird durch die Einstellbarkeit der Graustellung im weißen Licht dargetan. Es ist uns wohl-

bewußt, daß, wenn es möglich wäre, die Achsenpole mit Minuten-  
genauigkeit zu bestimmen, Abweichungen von dieser Annahme  
höchst wahrscheinlich vorkommen würden. Diesen Grad von Ge-  
nauigkeit hat die bisherige Beobachtungstechnik noch nicht erreicht.  
Daher ist die obige Fiktion zulässig. Sie hat den Vorteil, Beobach-  
tung und Darstellung zu erleichtern.

### Über den Gang der Messung

orientiert F. Bräutigams Dispersionsarbeit (9). Die Resultate dieser Untersuchung zeigen, daß die Graustellung (jene Lage der Isogyre, wo die den schwarzen Balken einsäumenden Farben beiderseits verschwinden) gemeinsam mit der Farbstellung (jene Lage, wo die Farben zu beiden Seiten des schwarzen Balkens am lebhaftesten auftreten, das ist von der Graustellung aus im Konoskop nach einer  $45^\circ$  Drehung des Objekttisches) zur Achsendispersionsbestimmung bei den monoklinen Feldspaten verwendet werden kann, und zwar mit einer Genauigkeit, welche anderen Methoden kaum nachsteht. Das doppelte Maß der Drehung, um von dem parallel einem Nikol laufenden Achsenbalken zur Graustellung zu kommen, welche sich durch die in dieser Stellung annähernd längs einer Geraden befindlichen Achsenaustrittspunkte für verschiedene Farben erklärt, bezeichnet F. Becke als Grauwinkel ( $2g$ ). Zur Graustellung selbst möchte ich noch erwähnen, daß gleichzeitig mit dem Verschwinden ungleicher Farbsäume zu beiden Seiten der Isogyre in der Nähe des Achsenpols eine symmetrische Anordnung der Farben beiderseits des Graubalkens dort auftritt, wo er den ersten Farbenring durchsetzt, welche die Auffindung der Graustellung bei schwacher Dispersion der Achsen nicht un wesentlich erleichtert.

An triklinen Krystallen ist bisher nur von F. Becke (8) am Kupferservitriol die Graustellung untersucht und beschrieben worden.

Der Gang der Untersuchung war bei den Plagioklasen derselbe wie beim Orthoklas, nur daß beim Fehlen jeder optischen Symmetrie beide optische Achsen besonders untersucht werden mußten.

Es wurden Platten möglichst senkrecht zu den beiden optischen Achsen hergestellt, da dann Fehler in der Ermittlung der Mallard'schen Konstante des Konoskops und der Brechungsexponenten für Licht verschiedener Wellenlänge das Resultat der Messung am wenigsten beeinträchtigen.

Ausgehend von der pfeilrechten Lage des Achsenbalkens erfolgte zunächst die Aufsuchung der Graustellung. Im weißen Tageslicht schwankten die einzelnen Einstellungen bei kräftiger Dispersion innerhalb eines Spielraums von  $2^\circ$ , bei schwacher Dispersion innerhalb  $3^\circ$ . Schärfer, innerhalb eines Spielraums von  $30-45'$ , gelingt die Einstellung bei künstlicher Beleuchtung mit einer Liliput-Bogenlampe, die auch später gewöhnlich zu den Messungen verwendet wurde. Nur bei sehr schwacher Dispersion, z. B. bei der Achse A von Albit, gelangen die Beobachtungen besser im Tageslicht.

Nach Feststellung der Graustellung wurden die weiteren Messungen im monochromatischen Licht durchgeführt, das mit einem Wülfing'schen Monochromator hergestellt wurde. Er war im Tageslicht nach den Fraunhofer'schen Linien geraichtet und wurde mit einer Liliput-Bogenlampe beleuchtet.

Eine Beleuchtungslinse, in deren Brennpunkt sich der Austrittsspalt des Monochromators befand, warf ein Bündel paralleler Strahlen auf den Beleuchtungsspiegel des Mikrokonoskops, ein Instrument von Fueß. Das Interferenzbild wurde durch ein verhältnismäßig schwaches Objektiv (3) erzeugt, die Messung erfolgte mit Bertrand'scher Linse und Schraubenmikrometerokular.

In der Beleuchtung mit dem Monochromator liegt eine der wichtigsten Fehlerquellen. Wegen der geringen Ausdehnung des lichtspendenden Austrittsspaltes deckt das in das Mikroskop fallende Lichtbündel nur einen kleinen Teil des Beleuchtungsspiegels. Die kleinste Verstellung des Spiegels hat eine Verzerrung des Interferenzbildes zur Folge. Verbreiterung des Austrittsspaltes würde die Beleuchtung verbessern, aber dann würde die Monochromasie beeinträchtigt. Aufstellung des Mikroskops in größerer Entfernung würde auch zur Beleuchtung eines größeren Teils des Spiegels führen; dabei nimmt aber die Intensität des Lichtes in einer Weise ab, welche die Beobachtung unmöglich macht.

Versuche zeigten übrigens, daß Messungen in der Mitte des Gesichtsfeldes durch Änderung der Spiegelstellung nicht merklich beeinflußt wurden, während Messungen am Rande des Gesichtsfeldes stärker variierten.

Deshalb wurden sämtliche Messungen an einem Schliff bei peinlichster Beibehaltung der einmal gewählten Spiegelstellung vorgenommen.

Nach Festlegung der Graustellung wurde mit dem Schraubenmikrometerokular der Abstand  $2 dg$  gemessen zwischen den Stellungen des Graubalkens in den zwei um  $180^\circ$  verschiedenen Stellungen des Objekttisches.  $dg$  entspricht der Entfernung des Graubalkens vom Mittelpunkt des Gesichtsfeldes.

Durch Drehung des Objekttisches um  $45^\circ$  wurde in die Farbstellung übergegangen und in derselben Weise für die verschiedenen Wellenlängen die lineare Distanz der Isogyre in Farbstellung in zwei um  $180^\circ$  verschiedenen Stellungen des Objekttisches mit dem Schraubenmikrometerokular gemessen:  $2 df$ .

Aus diesen beiden Messungen ( $2 dg$  und  $2 df$ ) und dem Grauwinkel läßt sich Azimut und Zentraldistanz der Achsen für verschiedene Wellenlängen ableiten. Wie dies im einzelnen geschieht, zeigen die beigegebenen Zeichnungen.

Es schien nicht unwichtig, diese Messungen durch eine zweite Reihe von Beobachtungen zu kontrollieren. Zu diesem Zwecke wurde die Platte in die Normalstellung gebracht: Isogyre pfeilrecht parallel einem Nikolhauptschnitt. Der lineare Abstand der Isogyrenlage in zwei um  $180^\circ$  verschiedenen Stellungen des Objekttisches

wurde gemessen:  $2 dh$ . Nach Drehung des Objekttisches um  $45^\circ$  kommt die Isogyre in Diagonalstellung und gestattet mit dem Schraubenmikrometerokular die Messung von  $2 dv$  in den zwei um  $180^\circ$  verschiedenen Stellungen des Objekttisches. Durch Konstruktion des Rechteckes mit den Seiten  $dh$  und  $dv$ , erhält man abermals die Achsenpunkte für die ausgewählten Wellenlängen. Die nach dieser Rechteckmethode gefundenen Achsenpunkte stimmten mit den aus  $dg$  und  $df$  abgeleiteten, wie die beige-

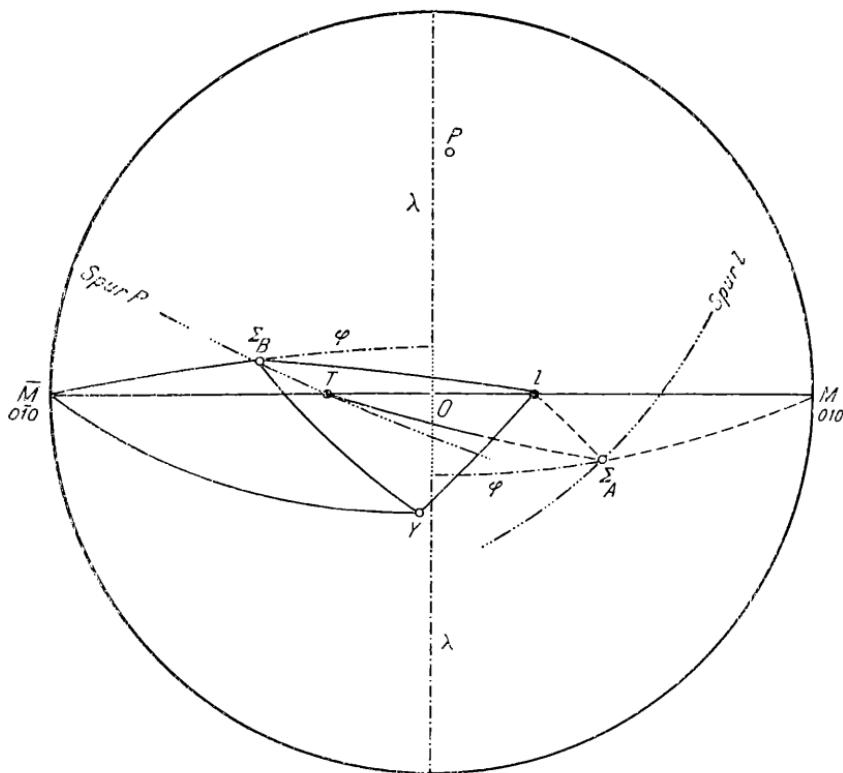


Fig. 1.

gegebenen Zeichnungen erkennen lassen, sehr befriedigend überein. Für die weiteren Konstruktionen wurden die aus Grau- und Farbstellung gewonnenen Positionen verwendet.

Die Beobachtungen selbst erfolgten bei sechs verschiedenen Stellungen der Mikrometerschraube des Monochromators, welche mittels der Frauenhofer'schen Linien und einigen Metalllinien geaicht worden waren, und entsprachen den Wellenlängen

460 $\mu\mu$ (1—I)	589 $\mu\mu$ (4—IV)
517 $\mu\mu$ (2—II)	630 $\mu\mu$ (5—V)
559 $\mu\mu$ (3—III)	687 $\mu\mu$ (6—VI)

Hier sei gleich erwähnt, daß im Verlauf der Arbeit die den Wellenlängen  $460 \mu\mu$  entsprechenden Beobachtungen stets mit I oder 1, jene bei  $517 \mu\mu$  II oder 2 usw. bezeichnet werden.

Alle beobachteten, mit dem Schraubenmikrometerokular gemessenen linearen Werte mußten für die Berechnung der Achsenpositionen und Eintragungen in die stereographische Projektion nach der Formel  $\sin V = \frac{d \alpha}{\beta}$  umgerechnet werden.

Die Bestimmung der Mallard'schen Konstante des Instrumentes mit Objektiv 8 für verschiedene Wellenlängen erfolgte an einer Platte von Cerussit senkrecht zur spitzen Bisektrix nach der Formel  $d \alpha = \sin \epsilon$ . Wegen der Veränderlichkeit des Achsenwinkels mit der Temperatur wurden die Beobachtungen von 2 d im Mikroskop

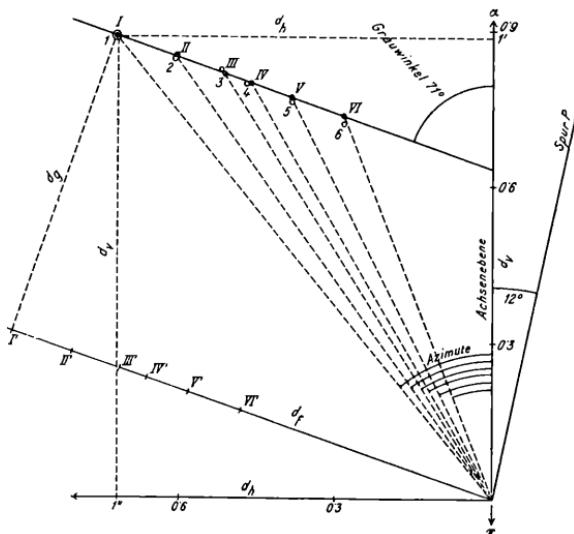


Fig. 2.

und von  $2 \epsilon$  am Achsenwinkelapparat bei gleicher Temperatur am selben Tage vorgenommen. Der Logarithmus dieser Konstanten ist:

$$\begin{aligned}\log \alpha_1 &= 8 \cdot 65451^{-10} \\ \alpha_2 &= 8 \cdot 65037 \\ \alpha_3 &= 8 \cdot 64925 \\ \alpha_4 &= 8 \cdot 64801 \\ \alpha_5 &= 8 \cdot 64684 \\ \alpha_6 &= 8 \cdot 64556\end{aligned}$$

Die Bestimmung der Brechungsexponenten wurde mit dem Abbe-Pulfrich-Totalreflektometer an einer der Platten senkrecht zur optischen Achse gemacht. Das monochromatische Licht des Wülfing'schen Monochromators wurde zu diesem Zweck durch Einschaltung einer Mattscheibe zerstreut und auf den Spiegel des Total-

reflektometers gebracht. Mit dem blauen Licht  $\lambda$  460  $\mu\mu$  gelang es mir nicht, eine scharfe Grenze wahrzunehmen. Ich mußte mich damit begnügen, diesen Wert durch eine graphische Extrapolation aus den Werten der übrigen Wellenlängen abzuleiten.

Die Übertragung der beobachteten Werte in die stereographische Projektion erfolgte nach F. Beckes Anweisungen (10). Als Kennrichtung wurden, wo es anging, Spaltrisse nach  $P$ , seltener jene nach  $M$  verwendet.

Wie schon eingangs erwähnt, wurden Schritte annähernd senkrecht zu den optischen Achsen verwendet. Dies geschah absichtlich, weil auf diese Weise der Einfluß von Fehlern in der Bestimmung der Mallard'schen Konstanten und der Brechungsexponenten auf ein Minimum reduziert wird, und die Einstellung auf den Grauwinkel mit möglichst kleinen Fehlern behaftet ist.

Die Herstellung der Platten wurde mit dem Wülfing'schen Schleifapparat durchgeführt. Zu Bezugsflächen wurden solche gewählt, von denen auch nach Herstellung der Platte genügend große Flächen übrig blieben, um eine nachträgliche Nachmessung möglich zu machen. Wenn die Größe des Krystals es erlaubte, wurde nach Anschleifen der angestrebten Fläche der Krystall vom Schleifapparat herabgenommen, eine parallele Gegenfläche angeschliffen und mit dem Zeichentisch von Becke (11) die Abweichung der Achse von der Schleifnormalen nach Azimut und Zentraldistanz ermittelt und durch neuerliches Schleifen der Anschliff verbessert. Auf diese Art gelang es, Platten herzustellen, welche die angestrebte Lage recht annähernd erreichten. Die kleinen Winkel für die Zentraldistanzen der Achsen lassen dies erkennen.

Die angewandte Methode verlangt vollkommen klare homogene Platten, frei von Zwillingsslamellen, von einer Ausdehnung von einigen Quadratmillimetern und einer Dicke von etwa 2 mm. Bisher ist es mir nur gelungen, von Albit und Anorthit geeignetes Material zu beschaffen; über diese zwei Endglieder soll nun berichtet werden.

### Albit von Rischuna.

#### Untersuchungsmaterial.

Die mir zur Verfügung gestandene Druse des Rischuna-Albits zeigt schöne, bis zu  $2\frac{1}{2}$  cm große, wasserklare, meist nach dem Albit-, oft auch nach dem Karlsbader Gesetz verzwilligte Krystalle, welche sowohl im Innern als auch an der Oberfläche vollständig chloritfrei sind. Die chemische Zusammensetzung dieses Albites gibt unter anderen B. Krebs in ihrer Arbeit »Albit von Rischuna in morphologischer Beziehung« (12) an.<sup>1</sup>

SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	Na <sub>2</sub> O	K <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O	Summe:
68 · 14	20 · 14	0 · 15	0 · 09	0 · 22	10 · 94	0 · 32	0 · 12	100 · 121

<sup>1</sup> Andere Analysen: W. H. Lewis, Min. Mag., 1915, Vol. XVII, Nr. 81, p. 183. K. Seto, The Sci. Rep. (Sendai), Series III, 1923, Vol. I, Nr. 3, p. 228.

Zur Herstellung der Schritte senkrecht zu den Achsen wurden zwei in der Richtung der *C*-Achse ungefähr 0·9 cm lange, nach dem Albitgesetz verzwilligte Krystalle verwendet. Jeder dieser Krystalle hatte folgende Flächen: *P* (001), *M* (010),  $\bar{M}$  (010), *l* (110), *T* (110) und  $\gamma$  (201). Die beiden »*M*«-Flächen und die auch manchmal ausgebildeten *f* (130) und  $\varrho$  (130) Flächen waren wegen Kombinationsriefung der goniometrischen Messung und dadurch als Bezugsflächen bei Herstellung der Schritte unbrauchbar.

Die Brechungsexponenten wurden an dem Schritte senkrecht zur »*A*«-Achse ermittelt mit:

			$\gamma - \alpha$
$\lambda 460$	$\alpha = (1 \cdot 5374)$	$\beta = (1 \cdot 5414)$	$\gamma = (1 \cdot 5479)$
$\lambda 517$	1·5325	1·5366	1·5429
$\lambda 559$	1·5305	1·5346	1·5408
$\lambda 589$	1·5292	1·5334	1·5396
$\lambda 630$	1·5277	1·5319	1·5379
$\lambda 687$	1·5259	1·5299	1·5359
			100

Mit S. Kôzu (5) am selben Albit ermittelten Brechungsexponenten stimmen obige recht überein. Auch mit H. Fischers Angaben (25) differieren sie nur in der 4. Dezimale; die Werte für  $\lambda 460$  sind durch graphische Extrapolation aus den übrigen abgeleitet.

#### »*B*«-Achse.

Der verwendete Schritte senkrecht zur Achse hatte folgende Winkel der Bezugsflächen untereinander und zur Schrittefläche (siehe Fig. 1):

$$\iota y = 45^\circ 41' \quad \iota \Sigma = 78^\circ 35' \quad \gamma \Sigma = 60^\circ 56'$$

Zur Errechnung der Koordinaten der Schrittefläche (wobei  $\lambda = 90^\circ - < O\bar{M}\Sigma$ ,  $\varphi = 90^\circ - < \bar{M}\Sigma$ ) waren noch die  $< \bar{M}l$  und  $\bar{M}y$  notwendig. Diese sind, nachdem durch die Riefung der *M*-Flächen eine genaue Messung derselben nicht möglich war, Lewis Arbeit (13) entnommen und betragen

$$\bar{M}l = 119^\circ 2' \quad \bar{M}y = 87^\circ 18'.$$

Die Ermittlung der Koordinaten hatte folgenden Weg:

Im  $\triangle \bar{M}ly$  beträgt der  $<$  bei  $\bar{M} 34^\circ 16'$ . Mit Hilfe der  $\triangle \bar{M}y\Sigma$  errechnet sich der  $<$  zwischen  $\bar{M}\Sigma$  mit  $41^\circ 16'$  und der  $< \gamma \bar{M}\Sigma$  mit  $46^\circ 53'$ . Das Komplement zu  $41^\circ 16'$ , nämlich  $48^\circ 44'$ , ist das gesuchte  $\varphi$ , die Differenz von  $46^\circ 53'$  und  $34^\circ 16'$  mit  $17^\circ 37'$  das Komplement des gesuchten  $\lambda$  der Schrittefläche.

Die Koordinaten der Schrittefläche mit der »*B*«-Achse sind somit:

$$\lambda = -77^\circ 23' \quad \varphi = -48^\circ 44'$$

Der im Mikrokoskop eingestellte Schritte zeigte deutlich die Grau- und Farbstellung. Letztere lässt beiderseits des Achsenbalkens

kräftige und lebhafte Farben in ziemlicher Breite erkennen, die infolge des starken Kontrastes gegenüber der Graustellung eine genaue Auffindung des Graubalkens ermöglichen.

Der beobachtete Grauwinkel der  $+B$ -Achse (nach F. Becke [14])<sup>1</sup> ergibt  $71^\circ$  von der A. E. im entgegengesetzten Sinne des Uhrzeigers.<sup>2</sup>

$d_g$  mit  $0 \cdot 598$  Schraubenmikrometereinheiten gilt für alle verwendeten Wellenlängen.

Die beobachteten  $d_f$ -Werte gibt folgende Zusammenstellung:

$$d_{f_1} = 0 \cdot 974$$

$$d_{f_4} = 0 \cdot 703$$

$$d_{f_2} = 0 \cdot 849$$

$$d_{f_5} = 0 \cdot 618$$

$$d_{f_3} = 0 \cdot 756$$

$$d_{f_6} = 0 \cdot 511$$

Nach der Rechteckmethode wurde gefunden:

$$d_{h_1} = 0 \cdot 721$$

$$d_{v_1} = 0 \cdot 886$$

$$d_{h_2} = 0 \cdot 610$$

$$d_{v_2} = 0 \cdot 844$$

$$d_{h_3} = 0 \cdot 522$$

$$d_{v_3} = 0 \cdot 819$$

$$d_{h_4} = 0 \cdot 472$$

$$d_{v_4} = 0 \cdot 796$$

$$d_{h_5} = 0 \cdot 385$$

$$d_{v_5} = 0 \cdot 760$$

$$d_{h_6} = 0 \cdot 284$$

$$d_{v_6} = 0 \cdot 720$$

Der Zusammenhang der nach den beiden Methoden beobachteten Werte wird erst nach der Berechnung der Zentraldistanzen und Azimute deutlich. Das Azimut der verschiedenen Achsen ist gegen die im Schliffe sichtbaren Spaltrisse nach  $P$  (001) festgelegt. Es zeigt sich, daß der Winkel zwischen Achsenebene und Spur  $P$  ( $12^\circ$ ) um zirka  $3^\circ$  zu groß ist, eine Ungenauigkeit, die in der schweren richtigen Festlegung der gestreckten Isogyre parallel einem Nikolhauptschnitt liegt, auf welche Schwierigkeit F. Becke schon wiederholt hingewiesen hat.

Diese Ungenauigkeit, welche sich im Azimut der Achse auswirkt, bleibt für die spätere Achsenberechnung fast ohne Einfluß. Die Zentraldistanzen und Azimute beider Methoden, errechnet aus  $d_g$  und  $d_f$  einerseits, aus  $d_v$  und  $d_h$  anderseits, gibt folgende Zusammenstellung.

#### Zentraldistanzen:

Nach Graustellungsmeth.	Nach Rechteckmeth.	Differenz d. Graust.-Meth.
$d_{\delta_1}$ 1 · 143	1 · 141	+ 0 · 002
$d_{\delta_2}$ 1 · 038	1 · 041	- 0 · 003
$d_{\delta_3}$ 0 · 964	0 · 971	- 0 · 007
$d_{\delta_4}$ 0 · 922	0 · 925	- 0 · 003
$d_{\delta_5}$ 0 · 860	0 · 852	+ 0 · 008
$d_{\delta_6}$ 0 · 787	0 · 774	+ 0 · 013

<sup>1</sup> Die Achsen gegen den positiven (negativen) Teil der krystallographischen  $A$ -Achse sind  $+$  ( $-$ ).

<sup>2</sup> Bei der  $\gg B \ll$ -Achse auf  $\overline{M}$ , auf  $M$  »im« Uhrzeigersinn!

Azimute gegen  $P$ :

$A_{\delta_1}$	51° 27'	51° 8'	+ 19'
$A_{\delta_2}$	47 50	47 51·5	- 1·5
$A_{\delta_3}$	44 39	44 30·7	+ 8·3
$A_{\delta_4}$	42 37	42 40	- 3
$A_{\delta_5}$	38 56	38 52	+ 4
$A_{\delta_6}$	33 31	33 31·6	- 0·6

Die gute Übereinstimmung der nach zwei verschiedenen Methoden erhaltenen Werte rechtfertigt, daß bei der weiteren Berechnung nur die Resultate aus der Graustellung verwertet wurden.

Die Umrechnung der linearen Zentraldistanzen in Winkelgrößen nach der Formel  $V = \frac{d \cdot \pi}{\beta}$  gibt folgende Werte:

$\lambda 460 \mu\mu = 1^\circ 55'$	$\lambda 589 \mu\mu = 1^\circ 32'$
517 = 1 44	630 = 1 26
559 = 1 36	687 = 1 16

Aus der bekannten Orientierung der Schlußfläche  $\Sigma$ , den Zentraldistanzen und Azimuten kann die Lage der Achsen für verschiedene Wellenlängen, ausgedrückt in den üblichen Winkelkoordinaten, berechnet werden. Die hierzu dienlichen sphärischen Dreiecke sind die Dreiecke  $\bar{M}\Sigma B$ , in denen die Seiten  $\bar{M}\Sigma$  und  $\Sigma B$  bekannt sind. Zur Bestimmung des Winkels bei  $\Sigma$  dient der Azimut der  $B$  gegen die Spur von  $P$ , wobei der Winkel zwischen Spur  $P$  und Seite  $My$  aus dem Dreieck  $\Sigma Py$  mit 23° 10' berechnet wurde.

Die Beobachtungen entsprechen folgenden Koordinaten der Achsen  $B$ :

$\lambda$	$\lambda$	$\lambda$
460 $\mu\mu$	— 76° 31'	— 46° 55'
517	76 45	47 3
559	76 57	47 10
589	77 1	47 13 <sup>1</sup>
630	77 11	47 18
687	77 23	47 28

In Fig. 3 sind diese Werte in ein schematisches  $\lambda\varphi$ -Diagramm eingetragen. In diesen Diagrammen können naturgemäß die Achsenpunkte nicht genau auf einer Geraden liegen, da ja  $\lambda\varphi$  Kugelkoordinaten sind, an deren Stelle rechtwinklige Koordinaten in der Ebene gesetzt werden. Sie beanspruchen daher auch nicht, eine Vorstellung über die räumliche Lage der Achsen verschiedener Wellenlänge zu vermitteln. Diesem Zwecke dient vielmehr Fig. 18

<sup>1</sup> H. Fischers Resultate sind:  $\lambda = -77^\circ 23'$ ,  $\varphi = -47^\circ 12'$ .

am Schluß dieses Aufsatzes. Sie sollen lediglich den Vergleich meiner Resultate mit den von Tsuboi für andere Plagioklase angegebenen Winkelkoordinaten ermöglichen (siehe Oligoklas und Labradorit).

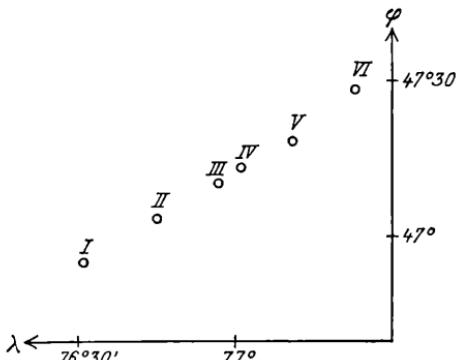


Fig. 3.

#### »A«-Achse.

Winkel des Schliffes (Fig. 1):

$$T\Sigma = 79^\circ 18' \quad l\Sigma = 26^\circ 2' \quad Tl = 59^\circ 16'.$$

Zur Berechnung der Koordinaten des Schliffes war noch der  $\angle lM$  mit  $60^\circ 63'$  notwendig. (Entnommen Lewis [13] Arbeit).

Die Koordinaten errechnen sich mit:

$$\lambda 64^\circ 21' \quad \varphi 45^\circ 38'.$$

Die Dispersion der »+ A«-Achse zeigt sich im Mikroskop wesentlich verschieden von jener der »B«-Achse. Ist diese deutlich und stark dispergiert, so gilt das Gegenteil für die »A«-Achse. Nur in manchen Stellungen treten schwache Farbsäume auf, und die Graustellung gilt für einen großen Bereich der Drehung des Objektisches. Eine genaue Einstellung und Auffindung des Graubalkens ist unmöglich. Verschiedenartigste Abänderungen der Beleuchtung, um die Dispersionserscheinung lebhafter zu machen, mißlangen. Es mußte deshalb bei dieser Achse die Dispersionsbestimmung zuerst nach der Rechteckmethode gemacht werden, welche in diesem Falle infolge der geringen Dispersion auch nicht einfach durchzuführen ist, was besonders für  $d_h$  gilt. Die beobachteten Werte wurden auf einem Millimeterpapier eingetragen (siehe Fig. 4). Aus der Lage der Achsenpositionen war deutlich der Verlauf des Graubalkens zu ersehen. Der Grauwinkel ( $2g$ ) wurde an der Zeichnung gemessen und nach Einstellung des Winkels  $g$  am Objektisch konnte nun die Messung den bekannten Verlauf nehmen. Günstig war für diese Achse die Tatsache, daß  $d_g 0.0$  war, da

der Graubalken fast genau durch den Gesichtsfeldmittelpunkt ging. Hierdurch ergibt sich für alle Achsen ein gemeinsames Azimut.

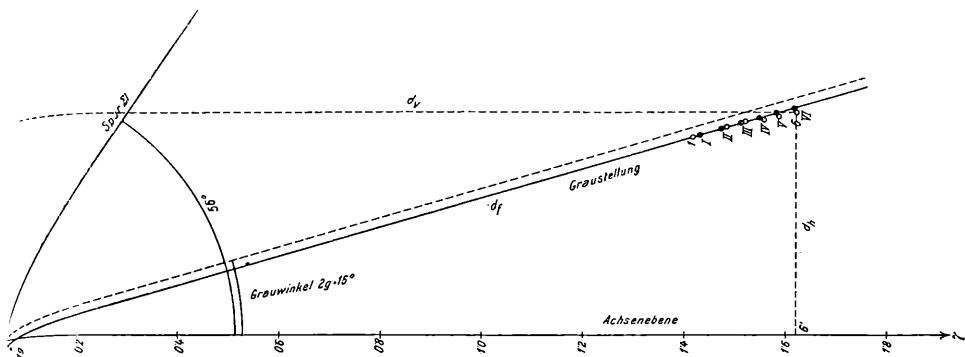


Fig. 4.

Die beobachteten, in der Reihenfolge ihrer Ermittlung gewonnenen Resultate sind folgende:

Nach der Rechteckmethode gelten folgende Beobachtungswerte:

$$d_{h_1} = 0 \cdot 391$$

$$d_{v_1} = 1 \cdot 418$$

$$d_{h_2} = 0 \cdot 409$$

$$d_{v_2} = 1 \cdot 476$$

$$d_{h_3} = 0 \cdot 418$$

$$d_{v_3} = 1 \cdot 517$$

$$d_{h_4} = 0 \cdot 423$$

$$d_{v_4} = 1 \cdot 551$$

$$d_{h_5} = 0 \cdot 433$$

$$d_{v_5} = 1 \cdot 579$$

$$d_{h_6} = 0 \cdot 445$$

$$d_{v_6} = 1 \cdot 617$$

Der Grauwinkel ist mit  $16^\circ$  entgegengesetzt dem Sinne des Uhrzeigers gefunden worden.

$$d_g = 0 \cdot 015$$

$$d_{f_1} = 1 \cdot 484$$

$$d_{f_4} = 1 \cdot 609$$

$$d_{f_2} = 1 \cdot 531$$

$$d_{f_5} = 1 \cdot 642$$

$$d_{f_6} = 1 \cdot 679$$

$$d_{f_3} = 1 \cdot 572$$

Die in Winkelgrade umgerechneten Zentraldistanzen nach der Graustellungsmethode und das zur Berechnung der Achsenkoordinaten notwendige Azimut ist:

$$d_{31} = 2^\circ 29'$$

$$d_{34} = 2^\circ 41'$$

Azimut für alle Achsen:

$$d_{32} = 2^\circ 33'$$

$$d_{35} = 2^\circ 44'$$

$$16^\circ,$$

$$d_{33} = 2^\circ 37'$$

$$d_{36} = 2^\circ 47'$$

gegen Kante  $\Sigma l = 40^\circ$

In dieser Platte waren leider keine guten Spaltrisse zu beobachten, deshalb ist die Kennrichtung die am Schliff deutlich und scharf ausgebildete Kante  $\Sigma l$ . Ihre Festlegung gegenüber  $\Sigma M$  aus dem Dreieck  $\Sigma l M$  (siehe Fig. 1) ist mit  $30^\circ 32'$  gegeben.

Die errechneten Achsenkoordinaten aus  $\Sigma M$ , Zentraldistanz und  $\angle M \Sigma A$  sind:

$\lambda$	$\lambda$	$\varphi$
460 $\mu\mu$	+ 63° 44'	- 48° 6'
517	63 43	48 10
559	63 42	48 14
589	63 41	48 17 <sup>1</sup>
630	63 40	48 20
687	63 39	48 24

Die Dispersionsbahn zeigt Fig. 5 im  $\lambda\varphi$ -Diagramm.

Die absolute Dispersionsbestimmung der »A«- und »B«-Achse gestattet nun, die Größe der den einzelnen Achsen entsprechenden Dispersion zu vergleichen. Die Farbstellung entspricht hierbei der größten Dispersion.

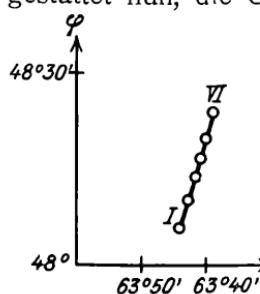


Fig. 5.

Bei der »A«-Achse, bei welcher die Richtung des Graubalkens durch den Gesichtsfeldmittelpunkt geht, beinhaltet die Zentraldistanz der einzelnen Achsen gleichzeitig den Dispersionsunterschied. Bei der »B«-Achse müssen die  $d_f$ -Werte erst in Winkelgrade umgerechnet werden.

Untenstehende Tabelle gibt die den einzelnen Achsen in der Farbstellung entsprechenden, vom Gesichtsfeldmittelpunkt aus gerechneten  $d_f$ -Entfernungen und ihre Unterschiede gegen die Achse bei  $\lambda 589 \mu\mu$  in Winkelgraden an.

$\lambda$	»A«-Achse	Unterschied	»B«-Achse	Unterschied
460 $\mu\mu$	2° 29'	+ 12'	1° 38'	+ 28'
517	2 33	+ 8	1 25	+ 15
559	2 37	+ 4	1 15·5	+ 5·5
589	2 41	0	1 10	0
630	2 44	- 3	1 1	- 9
687	2 47	6	51	19

Man sieht deutlich den großen Dispersionsunterschied zwischen den »A«- und »B«-Achse.

In Schliffen, wo beide Achsen zu sehen sind, wird man die B-Achse an ihrer stärkeren Dispersion leicht erkennen.

Diese Tatsache ist natürlich schon lange bekannt und F. Becke hat wiederholt auf diesen Dispersionsunterschied hingewiesen (15). Auch M. Schuster (3) verzeichnet dieselbe Beobachtung. Für die Dispersion des Albits ist von letzterem Forscher  $\varphi < \nu$  und eine weniger deutliche geneigte und schwache horizontale bei einer Spur von gekreuzter Dispersion angegeben.

<sup>1</sup> H. Fischers Resultate (25) für  $\lambda 589 \mu\mu$  sind  $\lambda + 64° 41'$ ,  $\varphi - 48° 36'$ .

Die Bestätigung von  $\varphi < \nu$  um  $\gamma$  ist mehrfach gegeben worden. C. Violas Untersuchungen nach der Methode mittels Totalrefraktometer am Albit vom Amelia von Wallhorntörl, Prägraten (16) u. a. Forschungen führen zu demselben Resultate.

Auch die von mir aus den  $\lambda$ - und  $\varphi$ -Werten beider Achsen errechneten Achsenwinkel führen zu deutlichen  $\varphi < \nu$  um die Mittellinie  $\gamma$ .

Wellenlänge in $\mu\mu$	Achsen $<$	Unterschied gegen $\lambda 589 \mu\mu$	Kontroll- W.	Kôzus A. $<$ (5)	$\lambda$
460	78° 54'	20'	21'	78° 46° 1'	für 486 $\mu\mu$
517	78 48	14	13	78 43° 3	508
559	78 39	5	6	78 42° 2	535
589	78 34	0	0	78 39	589
630	78 30	4	6	78 32° 2	644
687	78 21	13	12° 2	78 31° 3	671

Die Kontrollwerte wurden folgendermaßen erhalten:

Es ist die Neigung der Dispersionsbahn gegen die Achsen-ebene von  $\lambda 589 \mu\mu$  bekannt, entsprechend dem Grauwinkel  $2g$ . Nachdem nun während der ganzen Beobachtungsreihe eine Drehung der Achsenebenen nicht beobachtet wurde, so kann der Dispersions-unterschied der Achsen auf der Dispersionsbahn in die Achsenebene von  $\lambda 589$  berechnet werden. Fig. 6 soll dies für die »A«-Achse veranschaulichen.

$\pm K$  = Kontrollzahl  
 $\pm H$  = Dispersionsunterschied

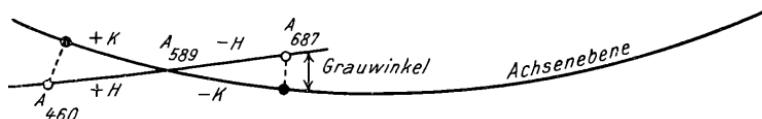


Fig. 6.

Nach Durchführung der Rechnungen für beide Achsen ergeben sich obige Kontrollzahlen.

Die Änderung der Achsenlagen kann auch durch die Beobachtung der Auslöschungsschäifen auf Spaltblättchen parallel  $P$  und  $M$  und im Schilfie senkrecht zu  $PM$  kontrolliert werden. Es zeigt sich, daß die Änderung der Auslöschungsschäife für verschiedene Wellenlängen gut und eindeutig auf  $M$ , schwer und un-deutlich auf  $P$  zu erkennen ist. Die jeweils zuerst beobachteten und dann nachträglich errechneten Auslöschungswerte stimmen gut überein, doch ist der Bereich der Winkelgrade der beobachteten Auslöschungsschäifen stets größer als jener der errechneten, wie aus den weiter unten angegebenen Beobachtungs- und Rechnungsresultaten zu ersehen ist.

Für die Beobachtung der Auslöschungsschäife auf  $P$  standen sehr ebene, homogene Spaltblättchen, wie ich sie nach der in meiner

Arbeit: »Die optische Orientierung des Albits von Rischuna« geschilderten Weise erhalten, zur Verfügung (17).

Die beobachteten Auslöschungsschärfen auf  $P$  gaben bei nahe nebeneinander liegenden Wellenlängen sich kreuzende Resultate. Deshalb wird nur die Auslöschungsschärfen für  $\lambda 460$ ,  $589$  und  $630 \mu\mu$  angeführt.

$\lambda$	Beobachtet:	Berechnet:
460	$3^\circ 40'$	$3^\circ 39'$
517	—	$3^\circ 38.5$
559	—	$3^\circ 37.5$
589	$3^\circ 40'$	$3^\circ 36.2$
630	$3^\circ 30'$	$3^\circ 34.5$
687	—	$3^\circ 34'$

Spaltblättchen nach  $M$  sind lange nicht so vollkommen wie jene nach  $P$ , doch resultiert hier eine zufriedenstellende Harmonie der beobachteten und errechneten Auslöschungsschärfen:

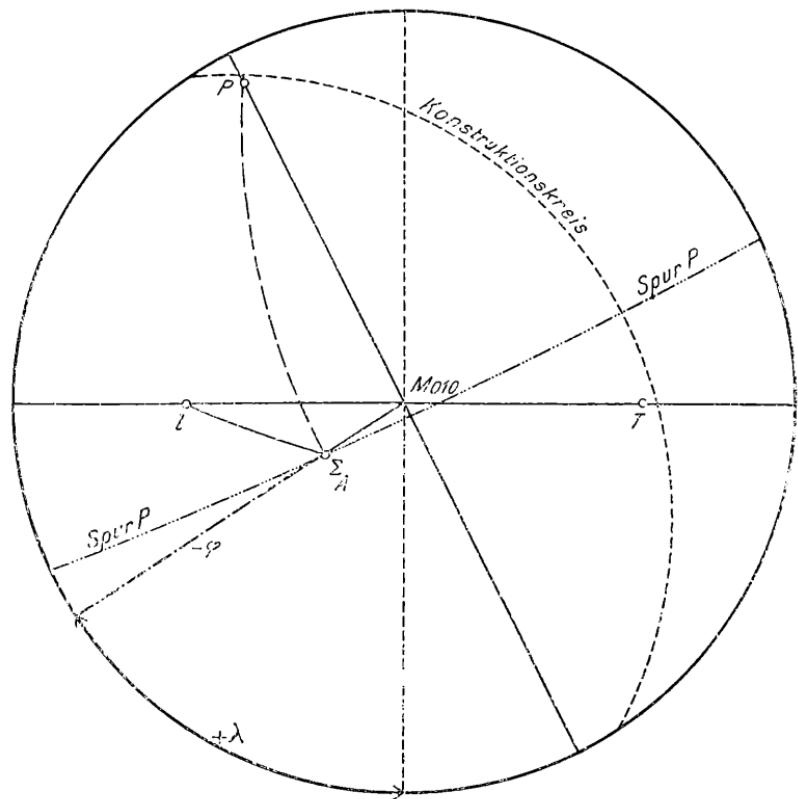


Fig. 7.

$\lambda$	Beobachtet:	Errechnet:
460 $\mu\mu$	+ 21° 10' $\pm$ 30	+ 20° 22'
517	20 50	20 5
559	20 30	19 58
589	20 5	19 56
630	19 55	19 50
687	19 20	19 44

Ein Schliff senkrecht zu  $PM$ , mit dem Wülfing'schen Schleifapparat, bei Erreichung der angestrebten Lage der Schliffläche bis auf 8' senkrecht zur krystallographischen » $A$ «-Achse hergestellt, gestattete auch hier die Beobachtung der Änderung der Auslöschungsschiefe.

$\lambda$	Beobachtet:	Errechnet:
460 $\mu\mu$	+ 15° 45' $\pm$ 20	+ 15° 24'
517	15 40	15 17
559	15 30	15 11
589	15 15	15 8.5
630	15 —	15 3
687	14 45	14 56

### Anorthit vom Vesuv.

Die optischen Daten des Anorthits vom Vesuv für weißes Licht sind hinreichend bekannt. F. Beckes verschiedene Arbeiten über die optische Orientierung dieses kalkreichsten Endgliedes in der Plagioklasreihe (18, 19) geben Resultate, welche mit den neuesten, von J. Kratzert (20) in Heidelberg bestimmten sehr gut übereinstimmen.

Die Dispersion der Anorthite, und zwar die Änderung des Achsenwinkels und der Brechungsexponenten, ist von S. Kôzu und von C. Klein (21) bestimmt. Leider standen mir Kôzus Arbeiten über die Dispersion der Anorthite von Tarumae (Hokkaidô, Japan)<sup>1</sup> und Miyakejima (Idzu, Japan)<sup>1</sup> nicht zur Verfügung.

Im folgenden soll nun mit Hilfe der Graustellungsmethode, bei gleichzeitiger Kontrolle mittels der Rechteckmethode, die Dispersion des Anorthits vom Vesuv festgelegt werden.

Die für die Herstellung der Schlitte senkrecht zur Achse notwendigen Krystalle wurden einem Auswürflingsblock des Vesuvs entnommen. Nach dem Ausschälen der Krystalle aus dem grünen Einbettungsgemenge zeigten sie sich etwas hohl.

Die innige Verwachsung mit den Begleitmineralen Olivin, grünem Augit und dunkelgrünem Glimmer erschwerte die Herstellung der Schlitte erheblich.

Wie im folgenden zu ersehen ist, zeigen die einzelnen Schlitte eine Abweichung gegenüber dem Objektträger, welcher Fehler einen

<sup>1</sup> S. Kôzu, Sei. Rep. Tôhoku, Imp. Univ. Sendai, Japan, 1914, ser. 2, vol. 2.

großen Einfluß auf die Orientierung selbst nimmt und daher nach F. Beckes Angaben (10) sorgfältig korrigiert wurde.

Die am Schliff senkrecht zur »A«-Achse nach der früher angegebenen Art bestimmten Brechungsexponenten des Anorthits mögen hier folgen:

$\lambda$	$\alpha$	$\beta$	$\gamma$	$\gamma - \alpha$
460 $\mu\mu$	1.5822	1.5908	1.5960	138
517	1.5789	1.5873	1.5925	136
559	1.5766	1.5848	1.5902	136
589	1.5749	1.5830	1.5883	134
630	1.5727	1.5805	1.5859	132
687	1.5698	1.5775	1.5830	132

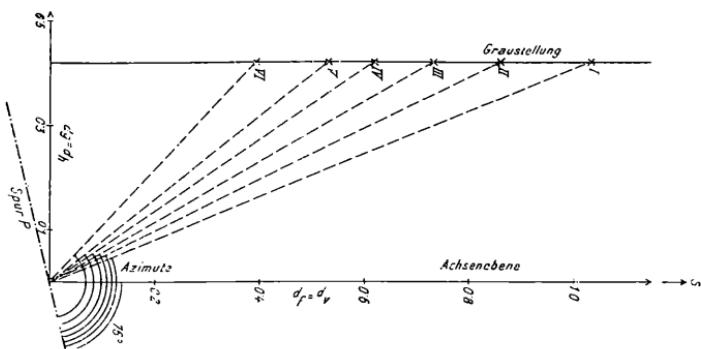


Fig. 8.

### »A«-Achse.

Der fertiggestellte Schliff annähernd senkrecht zur Achse hatte folgende Winkel (siehe Fig. 7):

$$\Sigma l = 37^\circ 15' \quad \Sigma M = 26^\circ 49' \quad lM = 58^\circ 3'$$

Die errechneten Winkelkoordinaten des Schliffes sind:

$$\lambda + 57^\circ 42' \quad \varphi - 63^\circ 11'$$

Im Mikrokonoskop ist ein deutliches, farbenkräftiges, den Achsenbalken breit einsäumendes Farbenband dieser + A-Achse zu beobachten. Die Graustellung ist scharf einzustellen möglich und gleich der Stellung der pfeilrechten Isogyre, welche aber in ihrer Festlegung parallel einem Nikolhauptschnitt Fehlergrenzen bis zu  $2^\circ$  ergibt. Es ist aus letzterem Grunde leicht möglich, daß die Graustellung um  $1-2^\circ$  von der Achsenbene aus im Uhrzeigersinn gerechnet liegt. Die Dispersion dieser Achse entspricht also jener, wie sie M. Schuster in seiner oft zitierten Arbeit auf der beigefügten Tabelle darstellt, nämlich einer geneigten.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> M. Schuster spricht von einer »gewöhnlichen« Dispersion I. c. p. 216.

Die Beobachtung und der Weg der Dispersionsbestimmung ist genau gleich jenen beim Rischuna-Albit.

$d_g$  ist mit 0·418 beobachtet und in diesem Sonderfalle gleich  $d_h$  (Fig. 8).

$$d_{f_1} = 1 \cdot 134$$

$$d_{f_2} = 0 \cdot 861$$

$$d_{f_3} = 0 \cdot 731$$

$$d_{f_4} = 0 \cdot 622$$

$$d_{f_5} = 0 \cdot 532$$

$$d_{f_6} = 0 \cdot 392$$

und gleich dem  $d_v$  der Rechteckmethode.

Die berechneten Zentraldistanzen, schon in Winkelgrade umgerechnet, gibt folgende Zusammenstellung:

$$d_{\beta_1} = 1^\circ 58' \text{ aus } 1 \cdot 209$$

$$d_{\beta_2} = 1 \ 33 \quad 0 \cdot 957$$

$$d_{\beta_3} = 1 \ 21 \quad 0 \cdot 841$$

$$d_{\beta_4} = 1^\circ 14' \text{ aus } 0 \cdot 749$$

$$d_{\beta_5} = 1 \ 5 \quad 0 \cdot 676$$

$$d_{\beta_6} = 59 \quad 0 \cdot 611$$

Das Azimut der Achsenebene gegen Spaltrisse nach  $P$  beträgt 76°.

Die den einzelnen Achsen entsprechenden Azimutwinkel errechneten sich gegen die Spur von  $P$  mit:

$$A_{\beta_1} = 96^\circ 14'$$

$$A_{\beta_2} = 101 \ 24$$

$$A_{\beta_3} = 105 \ 49$$

$$A_{\beta_4} = 109^\circ 54'$$

$$A_{\beta_5} = 114 \ 10$$

$$A_{\beta_6} = 122 \ 50$$

(Ist aus beigefügter Skizze Fig. 8 zu entnehmen.)

Obige Zentraldistanzen und Azimute erfahren durch die Neigung der Schliffoberfläche gegen den Objektträger eine wesentliche Änderung. Die Abweichung von der Parallelität wurde mit Hilfe des zweikreisigen Goniometers gemessen und für die Ebene durch den Pol der Schliffläche und des Objektträgers eine Neigung von 40° 4' gegen die aufrechte Spur  $k$  bestimmt. Der Neigungswinkel zwischen Glas und Schliffoberfläche beträgt in dieser Ebene 57'.

Die umgerechneten Azimute und Zentraldistanzen nach F. Becke (10) sind:

$$A_{\beta_1} = 69^\circ 5'$$

$$d_{\beta_1} = 86'$$

$$A_{\beta_2} = 65 \ 9$$

$$d_{\beta_2} = 60$$

$$A_{\beta_3} = 62 \ 25$$

$$d_{\beta_3} = 46$$

$$A_{\beta_4} = 60 \ 46$$

$$d_{\beta_4} = 38$$

$$A_{\beta_5} = 53 \ 3$$

$$d_{\beta_5} = 28$$

$$A_{\beta_6} = 47 \ 55$$

$$d_{\beta_6} = 17$$

Die nun errechneten Winkelkoordinaten für diese Achse ergeben sich nach Festlegung der Spur  $P$  gegen  $\Sigma M$  mit 7° 35' zu:

$\lambda$	$\lambda$	$\varphi$
$460 \mu\mu$	$+ 60^\circ 33'$	$- 63^\circ 50'$
517	59 36	63 42
559	59 7	63 37
589	58 50 <sup>1</sup>	63 33 <sup>1</sup>
630	58 27	63 30
687	58 6	63 24

Das Berechnungsdreieck für diese Koordinaten ist  $\Sigma M A$  mit  $\Sigma A$  als Zentraldistanz,  $\Sigma M$  als bekannte Winkelgröße und  $\angle A \Sigma M$ .

Die Dispersionsbahn im  $\lambda \varphi$ -Diagramm ist in Fig. 9 dargestellt.

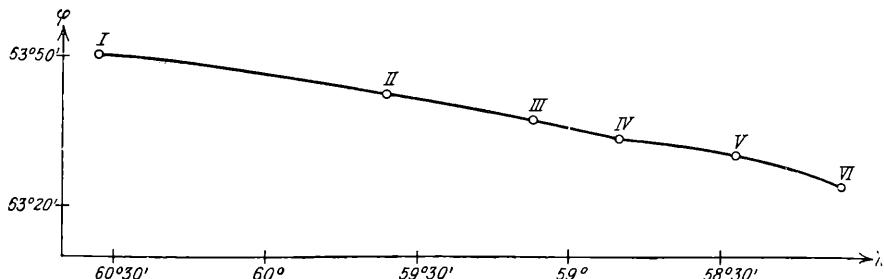


Fig. 9.

### »B«-Achse.

Der Schliff senkrecht zur »B«-Achse ist mit folgenden Winkeln im Raume festgelegt (siehe Fig. 10):

$$\Sigma T = 83^\circ 22' \quad \Sigma M = 88^\circ 7' \quad \overline{MT} = 62^\circ 27'$$

Die Winkelkoordinaten errechnen sich mit

$$\lambda = - 6^\circ 30' \quad \varphi = - 1^\circ 53'.$$

Die Dispersion dieser + B-Achse erscheint im Mikrokonoskop ebenso intensiv wie bei der »A«-Achse. Nach Durchführung der Messung zeigt sich, daß sie um ein geringes kleiner ist.

Der beobachtete Grauwinkel  $2g = 20^\circ$  im entgegengesetzten Uhrzeigersinn von der Achsenebene aus. Die Einstellung auf die richtige Lage des Graubalkens ist infolge der leuchtenden Farben beiderseits der Isogyre leicht durchführbar.

$$dg = 0.906$$

$$df_1 = - 0.369^2$$

$$df_2 = - 0.206$$

$$df_3 = - 0.117$$

$$df_4 = - 0.040$$

$$df_5 = + 0.047$$

$$df_6 = + 0.150$$

<sup>1</sup> Nach F. Becke (l. c.):  $\lambda 57.9$       Nach J. Kratzert (l. c.):  $\lambda 58.4 \pm 5$   
 $\varphi 63.2$        $\varphi 62.9 \pm 5$ .

<sup>2</sup> Bedeutung von — und + ist aus der Fig. 11 zu entnehmen.

## Die Beobachtungswerte der Rechteckmethode:

$$d_{h_1} = 0 \cdot 972$$

$$d_{h_4} = 0 \cdot 855$$

$$d_{h_2} = 0 \cdot 918$$

$$d_{h_5} = 0 \cdot 833$$

$$d_{h_3} = 0 \cdot 887$$

$$d_{h_6} = 0 \cdot 797$$

$$d_{v_1} = -0 \cdot 052$$

$$d_{v_4} = 0 \cdot 285$$

$$d_{v_2} = 0 \cdot 116$$

$$d_{v_5} = 0 \cdot 362$$

$$d_{v_3} = 0 \cdot 208$$

$$d_{v_6} = 0 \cdot 461$$

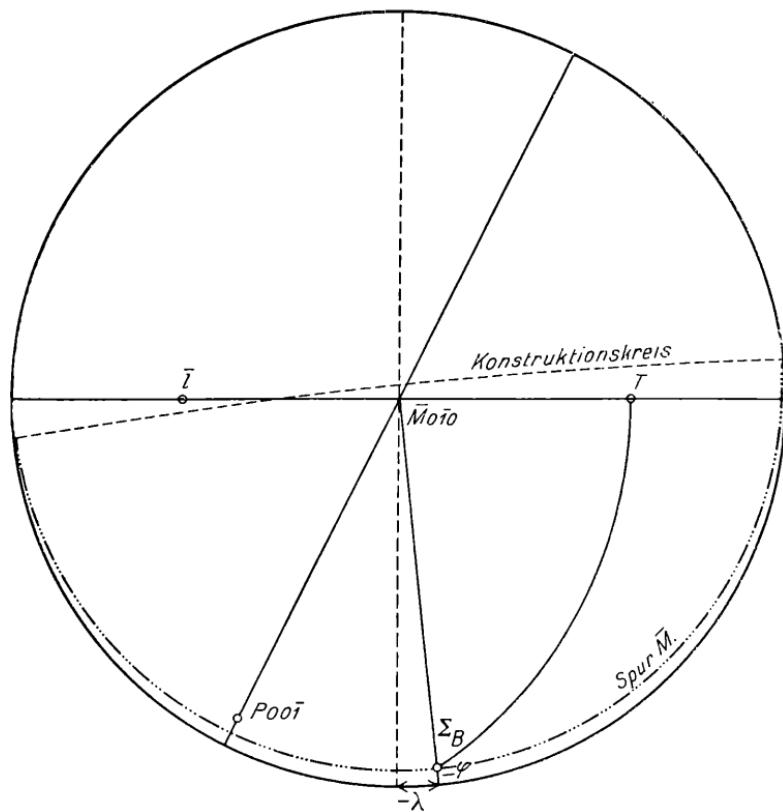


Fig. 10.

Nach der Graustellungsmethode errechnen sich die Zentraldistanzen und Azimute mit

$$d_{\delta_1} = 1^\circ 35 \cdot 5' \text{ aus } 0 \cdot 978$$

$$A_{\delta_1} = 25^\circ 40' \text{ gegen Spur } \bar{M}$$

$$d_{\delta_2} = 1 \ 30 \quad 0 \cdot 929$$

$$A_{\delta_2} = 16 \ 18 \quad \text{»} \quad \text{»}$$

$$d_{\delta_3} = 1 \ 28 \cdot 3 \quad 0 \cdot 913$$

$$A_{\delta_3} = 10 \ 52$$

$$d_{\delta_4} = 1 \ 27 \cdot 7 \quad 0 \cdot 907$$

$$A_{\delta_4} = 6 \ 2$$

$$d_{\delta_5} = 1 \ 27 \cdot 7 \quad 0 \cdot 907$$

$$A_{\delta_5} = 33$$

$$d_{\delta_6} = 1 \ 28 \cdot 3 \quad 0 \cdot 918$$

$$A_{\delta_6} = -5 \ 54$$

wobei der Winkel Achsenebene Spur  $\bar{M}$  mit  $66^\circ 30'$  beobachtet wurde.

Auch bei diesem Schluß galt es die Neigung der Beobachtungsfläche zur Schlußfläche auszuschalten. Der Winkel der Ebene mit dem Pol des Objektträgers und der Schlußfläche betrug mit der Spur  $\bar{M}$   $22^\circ 50'$ , die Neigung in der Ebene  $1^\circ 25'$ . Diese große Abweichung erklärt sich aus der eingangs angegebenen Ungleichartigkeit der Härte des Krystals und des Einbettungsgemenges.

Die korrigierten, errechneten Azimute der »B«-Achse sind mit den neu ermittelten Zentraldistanzen folgende:

$A_{\delta_1} = 54^\circ 37'$	$A_{\delta_4} = 75^\circ 55'$
$A_{\delta_2} = 59^\circ 51'$	$A_{\delta_5} = 80^\circ 32'$
$A_{\delta_3} = 70^\circ 12'$	$A_{\delta_6} = 81^\circ 25'$
$d_{\delta_1} = 9'$	$d_{\delta_4} = 32'$
$d_{\delta_2} = 17$	$d_{\delta_5} = 39$
$d_{\delta_3} = 25$	$d_{\delta_6} = 50$

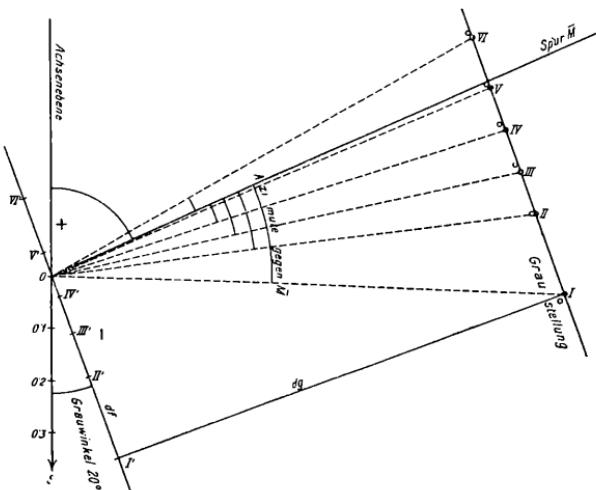


Fig. 11.

Die Berechnung der Winkelkoordinaten erfolgt aus dem  $\triangle \Sigma B \bar{M}$ , wobei  $\Sigma \bar{M} 88^\circ 7'$ ,  $\Sigma B$  gleich der jeweiligen Zentraldistanz und der  $\angle B \Sigma M = 90^\circ$  — Azimut ist.

$\lambda$	$\lambda$	$\varphi$
$460 \mu\mu$	$— 6^\circ 24'$	$— 2^\circ 0^\circ 3'$
517	6 23	2 7
559	6 22	2 16
589	6 22	2 23·7
630	6 23	2 32
687	6 23·5	2 42

Fig. 12 gibt im  $\lambda \varphi$ -Diagramm die Dispersionsbahn an.

Die Dispersion der »B«-Achse des Anorthits ist wiederum in Übereinstimmung mit M. Schusters Farbentabelle, auf welcher die *B*-Achse das Heraustreten der Achsen für verschiedene Wellenlänge aus der Achsenebene zum Unterschied gegenüber der »A«-Achse deutlich erkennen lässt. Auch die 45°-Stellung korrespondiert mit meiner Beobachtung. Die gute Übereinstimmung der absoluten Dispersionswerte mit den von M. Schuster angegebenen relativen Dispersionsscheinungen zeugt deutlich von der scharfen und genauen Beobachtungsgabe M. Schusters, dessen Resultate in seiner klassischen Untersuchung sich immer wieder bestätigen.

Der Vergleich der Dispersion der einzelnen Achsen des Anorthits sei in folgender Tabelle veranschaulicht. Die Art der Angabe ist gleich jener beim Albit (p. 12) angegeben für die Farbstellung.

$\lambda$	»A«-Achse	Unterschied	»B«-Achse	Unterschied
460 $\mu\mu$	1° 51'	— 51' 1	— 36'	— 32'
517	1 23	— 23	— 20	— 16
559	1 11	— 11	— 11	— 7
589	1	0	— 4	0
630	— 51	+ 9	+ 5	+ 9
687	— 38	+ 22	+ 15	+ 19

Die beobachtete Dispersion für die »A«-Achse ist etwas größer als jene der »B«-Achse, umgekehrt wie beim Albit, wo aber der Dispersionsunterschied zwischen beiden Achsen bedeutend größer ist.

Der Achsenwinkel um  $\gamma$  ist für  $\rho$  deutlich größer als für  $\nu$ . Die aus  $\lambda$  und  $\varphi$  der beiden Achsen errechneten Achsenwinkel sind folgende:

$\lambda$	Achsenwinkel	Unterschied gegen $\lambda 589 \mu\mu$	Kontrollw. 2
460 $\mu\mu$	101° 48'	— 1° 10'	— 1° 20'
517	102 19	— 39	— 41
559	102 34	— 24	— 18
589	102 58 <sup>3</sup>	0	0
630	103 14	+ 16	+ 18
687	103 30 <sup>4</sup>	+ 32	+ 40

<sup>1</sup> Gegen den um  $\gamma$  kleineren (größeren) Winkel — (+).

Auf gleiche Art und Weise wie beim Albit p. 13 bestimmt.

<sup>3</sup> Der Achsenwinkel ist von F. Becke (19) mit 103° 42' angegeben.

Nach Klein 103° 30'.

Nach Kratzert (20) 102° 48' und 102° 14'.

<sup>4</sup> Mit C. Kleins Angaben der Achsenwinkel für Na, Si, Ta stimmen obige Achsenwinkel im wesentlichen überein (21). Seine Resultate geben für den Achsenwinkel vom Si-Licht (670  $\mu\mu$ ) zum Na-Licht + 28', vom Na-Licht zum Ta-Licht (534  $\mu\mu$ ) — 40'.

Die Lage der Dispersionsbahn im  $\lambda\varphi$ -Diagramm zeigt Fig. 12.

Es erübrigt sich nun noch, die Änderung der Auslöschungsschäfen auf  $P$  und  $M$  festzulegen. Zu diesem Zwecke wurden mir durch das Entgegenkommen des Herrn Hofrates Becke Spaltblättchen des Anorthits vom Vesuv zur Verfügung gestellt, welche M. Schuster zur Bestimmung der Auslöschungsschäfe in seiner Plagioklasarbeit verwendete.

Die Spaltblättchen nach  $P$  waren klein, zeigten aber gute und deutliche Änderung der Auslöschungsschäfe. Die Messungen wurden, wie es auch jeweils M. Schuster durchführte, auf beiden Seiten des Spaltblättchens bestimmt und das arithmetische Mittel beider Seiten verwendet.

Hier sei nochmals erwähnt, daß beim Anorthit die Änderung der Auslöschungsschäfe sowohl auf  $P$  als auch auf  $M$  deutlich und unzweideutig, auf  $P$  besser als auf  $M$  bestimbar ist.

Die beobachteten und die nachträglich errechneten Resultate zeigen folgende Daten.

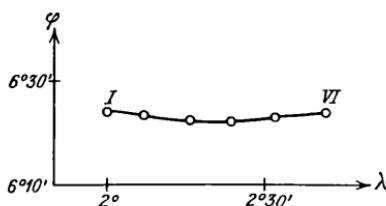


Fig. 12.

#### Auslöschungsschäfen auf $P$ .

$\lambda$	Beobachtet:	Errechnet:
460 $\mu\mu$	39° 15'	40° 28'
517	39 50	40 36
559	40 20	40 46
589	40 50	40 55
630	41 20	41 6
687	—	41 16

#### Auslöschungsschäfen auf $M$ .

$\lambda$	Beobachtet:	Errechnet:
460 $\mu\mu$	36° 15'	37° 3'
517	36° 35	37 30.5
559	36 55	37 44.5
589	37 15	37 53
630	37 35	38 5
687	—	38 16

Für  $\lambda 687 \mu\mu$  konnte nicht mehr beobachtet werden; das Gesichtsfeld ist zu dunkel und der Bereich der einzustellenden Auslöschung zu groß.

Die Übereinstimmung von Beobachtung und Rechnung ist eine genügende. Die mindere Vollkommenheit der Spaltblättchen nach *M* erklärt die stärkeren Abweichungen.

### Die Dispersion der Mittelglieder der Feldspate.

Über die Dispersion der Mittelglieder der Feldspate liegen nur wenige Resultate vor. Ursache ist der Mangel an geeignetem, zu guten Schliffen verwendbarem Untersuchungsmaterial. Der Versuch, an Schliffen des Labradorits von Labrador, welche annähernd senkrecht zu der *B*-Achse getroffen waren, Untersuchungen über Dispersion anzustellen, mißlang, da die starke Verzwilligung eine günstige Beobachtung verhinderte.

Was über die Dispersion der Mittelglieder der Feldspate bis nun bekannt ist im folgenden zusammengestellt.

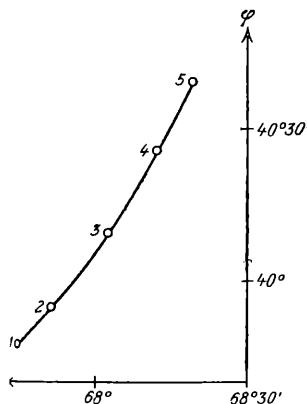


Fig. 13.

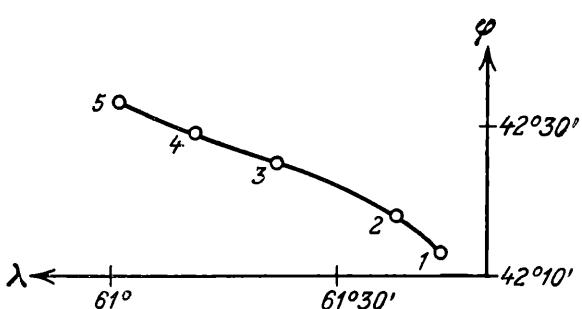


Fig. 14.

### Oligoklas von Bakersville.

Die Dispersion dieses Feldspates ist von S. Tsuboi (22) gemessen. Folgende chemische Zusammensetzung wird angegeben:

$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ (als $\text{Fe}_2\text{O}_3$ )	$\text{MgO}$	$\text{CaO}$	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{K}_2\text{O}$	Summe:
61·70	23·99	0·43	0·40	5·09	8·81	0·17	100·59

Dies entspricht einem An-Gehalt von 24·0%.

Die errechneten Achsenpositionen gibt Tsuboi an mit:

$\rightarrow A \leftarrow$ -Achse:			$\rightarrow B \leftarrow$ -Achse:		
$\lambda$ 700 $\mu\mu$	$\lambda + 68^\circ 19'$	$\varphi - 40^\circ 39'$	$\lambda + 61^\circ 1'$	$\varphi + 42^\circ 33'$	
644	68 12	40 25	61 11	42 29	
589·3	68 2	40 9	61 22	42 25	
535	67 51	39 54	61 38	42 18	
508·5	67 43	39 47	61 44	42 13	

Die Eintragung der gefundenen Achsenpositionen in ein  $\lambda\varphi$ -Diagramm (Fig. 13 u. 14) zeigt genau dieselbe, annähernd geradlinige Anordnung der Achsen in der Dispersionsbahn, wie es meine errechneten Werte beim Albit und später beim Anorthit im ebengleichen Diagramm darstellen (siehe Fig. 3, 5, 9, 12). Es ist daher naheliegend, daraus auf eine Graustellung zu schließen und den Verlauf der Dispersionsbahn gegenüber der Achsenebene  $\lambda 589 \mu\mu$  aus den angeführten  $\lambda$ - und  $\varphi$ -Werten zu errechnen. Selbstverständlich kann da dem Grauwinkel nur ein annähernder Wert entsprechen.

Den Grauwinkel errechne ich, wie schon oben erwähnt, gegen die Achsenebene bei  $\lambda 589 \mu\mu$ .

Den Weg der Rechnung gibt folgende, der Übersichtlichkeit wegen in den Maßen stark überholtene Fig. 15 an, die den linken unteren Quadranten der stereographischen Projektion darstellen soll.

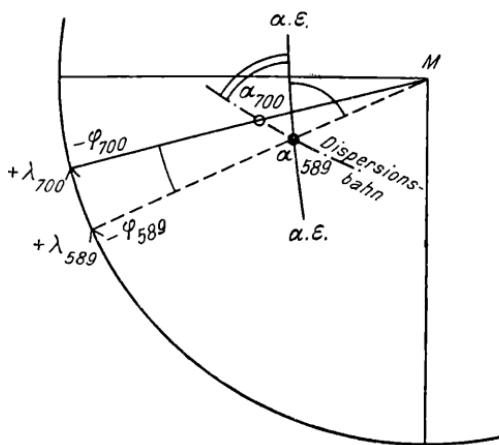


Fig. 15.

Der Winkel  $A. E. A., 589 \cdot 3 \mu\mu. M$  lässt sich aus den 90- $\varphi$ -Werten der  $A$ - und  $B$ -Achse und der Größe des ihnen zukommenden Achsenwinkels errechnen.

Aus den  $\lambda$ - und  $\varphi$ -Größen für  $700 \mu\mu$  gegenüber jenen von  $589$  wird, wie aus der Skizze zu entnehmen ist, die Entfernung  $A_{700}$  auf der Dispersionsbahn gegen  $A_{589}$  und auch der Winkel  $M, A_{589}$  und  $A_{700}$  errechnet und hiermit als Grauwinkel gegen die  $A. E. 589$  fixiert. Das arithmetische Mittel dieses für  $700$  und  $508 \cdot 5 \mu\mu$  errechneten Winkels gibt mit einer entsprechenden Fehlergrenze den Grauwinkel  $2 g$  an.

Bei der » $A$ «-Achse des Oligoklases ergibt sich nach dieser Rechnung ein Grauwinkel von  $18^\circ 30' \pm 1^\circ$  entgegengesetzt dem Uhrzeigersinne.

Die » $B$ «-Achse gibt den Grauwinkel mit  $48^\circ 30' \pm 1^\circ$  im Uhrzeigersinne an.

Hier mag erwähnt werden, daß die beim Oligoklas ermittelten Dispersionsdaten den beim Albit festgelegten nahekommen, eine Tatsache, auf welche auch schon M. Schuster in seiner berühmten Arbeit aufmerksam machte, erwähnend, daß jedoch beim Oligoklas die Dispersionserscheinungen kräftiger und deutlicher als beim Albit zu sehen sind.

### Labradorit.

S. Tsubois (22) Dispersionsuntersuchungen am Labradorit von County Down, Irland, zeigen Resultate, welche jene beim Oligoklas gemachten Schlüsse nur zum Teil zulassen.

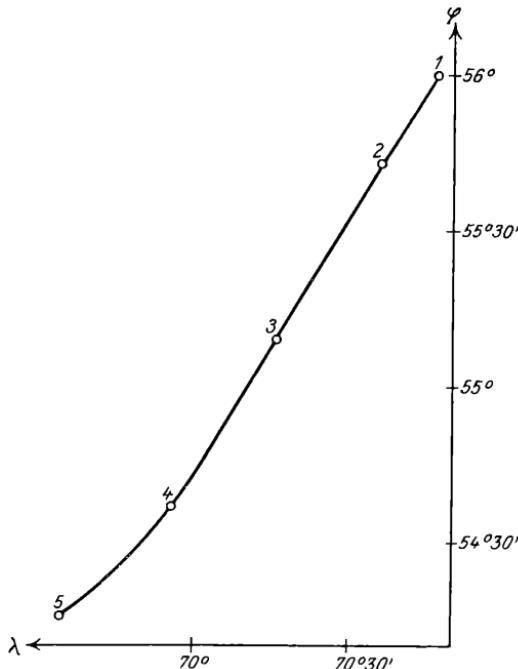


Fig. 16.

Dem analysierten Material entspricht folgende Zusammensetzung:

$\text{SiO}_2$	$\text{Al}_2\text{O}_3$	$\text{Fe}_2\text{O}_3$	$\text{CaO}$	$\text{Na}_2\text{O}$	$\text{K}_2\text{O}$	Glühverl.	Summe:
52·33	30·22	0·40	12·52	3·62	0·85	0·36	100·30

Dieser chemischen Konstitution kommen 62·3% An Substanz zu.

Die Winkelkoordinaten der Achsen für verschiedene Wellenlängen errechnet Tsuboi mit:

»A«-Achse:			»B«-Achse:		
$\lambda$ 700 $\mu\mu$	$\lambda + 69^\circ 35'$	$\varphi - 54^\circ 16'$	$\lambda + 11^\circ 2'$	$\varphi + 25^\circ 33'$	
644	69 56	54 37	10 29	25 44	
589	70 16	55 9	9 55	26 13	

535	70 36	55 43	9 20	26 21
508.5	70 47	56 —	9 4	26 34

Im  $\lambda\varphi$ -Diagramm zeigt nun die »A«-Achse wiederum den geradlinigen Zug der Dispersionsbahn mit den Achsen der verschiedenen Wellenlängen (Fig. 16), während bei der »B«-Achse eine Wellenlinie als die Dispersionsbahn zum Vorschein kommt (Fig. 17).

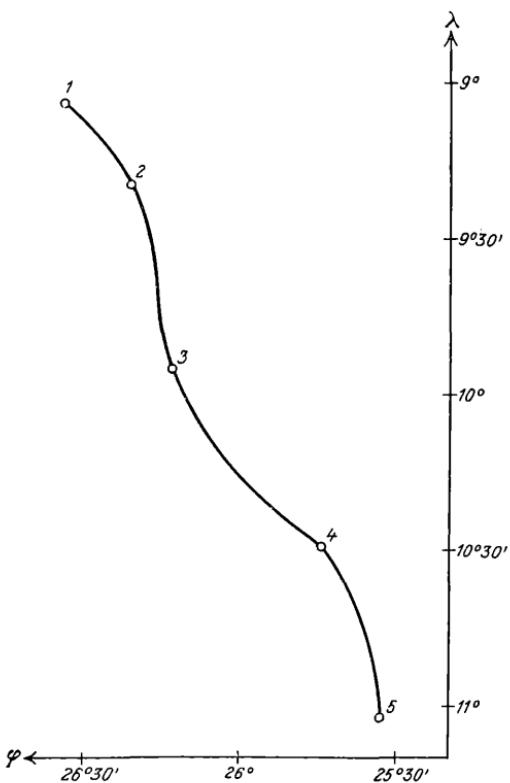


Fig. 17.

Der »A«-Achse entspräche daher nach diesem Diagramm eine Graustellung, basiert auf der gleichen Voraussetzung und Errechnung wie beim Oligoklas, die »B«-Achse läßt aber auf Grund der  $\lambda$ - und  $\varphi$ -Werte keine solche zu. Es ist unwahrscheinlich, daß zum Unterschied gegenüber allen schon untersuchten Plagioklasen nur die »B«-Achse des Labradorits ohne Graubalken und Graustellung wäre.

Zur Dispersionsbestimmung dieser Achse konnte Tsuboi infolge Materialmangels nur einen orientierten Schliff, den mit dem Austritt der »A«-Achse, verwenden. In diesem wurden die Lage der optischen Achsenebene und der Auslöschungsrichtungen für verschiedene Farben mit Hilfe eines Stauroskops zur Spur  $P$  fixiert.

Nach Eintragung dieser Daten in eine stereographische Projektion wurden dann unter Zuhilfenahme der bekannten Orientierung der »A«-Achse für verschiedene Wellenlängen und Verwendung der Fresnell'schen Konstruktion die Achsenposition der »B«-Achse errechnet (siehe Tsuboi [7]). In dieser Bestimmung liegen natürlich mehrere Fehlerquellen.

Durch das Entgegenkommen des Herrn Hofrates Becke konnte ich die Schritte, welche O. Großpietsch für seine Arbeit »Labradorit« (23) verwendete, durchsehen und bei Prüfung der Schritte 3 und 4 mit Objektiv 6 unzweideutig für die »—B«-Achse eine Graustellung feststellen. Leider sind die Schritte so dünn, daß eine ausgesprochene farbige Umsäumung der Isogyre nicht vorhanden, die Graustellung in einem größeren Winkelbereich zu beobachten ist und eine scharfe Erfassung des Grauwinkels  $2g$  an diesen Schritten unmöglich wird. Doch scheint mir der Grauwinkel größer zu sein als der mit  $31^\circ$  nach Tsubois Angaben errechnete (Mittel aus der Berechnung des  $<3$  und  $1,3$  und  $5$  gegen die A. E.), obgleich ich hier kein Urteil wagen darf, da die chemische Zusammensetzung des Labradorits von County Down eine andere als jene des Kamenoi Broid ist.

Festgelegt ist aber, daß es auch bei der »B«-Achse des Labradorits eine Graustellung gibt und der unregelmäßige Verlauf der Kurve im  $\lambda\varphi$ -Diagramm (Fig. 17) aus der ungünstigen Beobachtungsmöglichkeit Tsubois resultiert.

Eine Prüfung des errechneten Grauwinkels an günstigen, womöglich senkrecht zur Achse hergestellten Schritten mit entsprechender Dicke, um das Auftreten der Interferenzringe und eine Beobachtung mit schwachem Objektiv in Verbindung mit einem Schraubenmikrometerokular zu ermöglichen, wäre nach Maßgabe des zur Verfügung stehenden Materials sicherlich erwünscht.

### Zusammenfassung.

Aus den vorherigen Beobachtungen und Untersuchungen resultiert die Tatsache, daß die Graustellung als Dispersionsbestimmungsmittel für die Lage der einzelnen optischen Achsen für verschiedene Wellenlängen auch bei den triklinen Feldspaten verwendbar ist und daß die mit Hilfe dieser Methode erzielten Resultate mit den Angaben früherer optischer Orientierungen und Dispersionserscheinungen gut übereinstimmen.

Umgekehrt folgt, daß bei optischen Achsen, welche bei ihrer Dispersion eine Graustellung zulassen, die ermittelten Achsenpositionen mittels der Graustellung überprüft werden können.

Die Zusammenstellung der Grauwinkel für die verschiedenen Plagioklase gibt Fig. 18. In einer stereographischen Projektion, mit  $M$  (010) im Mittelpunkt, sind die Achsen und die Achsenebenen bei  $\lambda 589 \mu\mu$  für den untersuchten Albit und Anorthit und für den von Tsuboi untersuchten Oligoklas und Labradorit eingetragen.

Um die Dispersion ersichtlich zu machen, sind dann sechsfach überhalten die Entfernungen der Achsen für  $\lambda 460 \mu\mu$  und  $\lambda 687 \mu\mu$  eingezeichnet, durch die Verbindung der Achsen die Dispersionsbahn festgelegt und der Grauwinkel ersichtlich gemacht.

Aus dieser Übersicht in Fig. 18 ergibt sich folgendes Resultat:

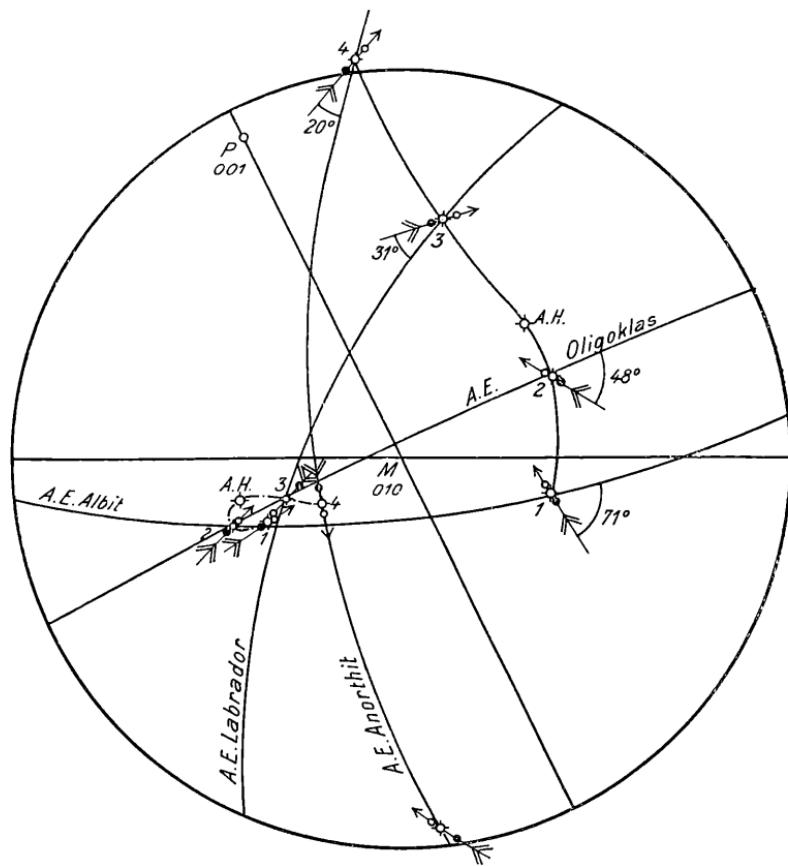


Fig. 18.

- 1 = Albit Rischuna.
- 2 = Oligoklas Bakersville.
- 3 = Labrador County Down.
- 4 = Anorthit Vesuv.
- A. H. = Andesin Hohenstein.

Entfernungen dieser Achsen  
sechsmal überhalten.

$\bullet$  Achsen f.  $\lambda 460$ .  
 $\diamond$  " " 589.  
 $\circ$  " " 687.  
 Pfeilspitze stets bei  
 $\lambda 687$ .

Während der Grauwinkel für die »B«-Achse bei den einzelnen Mischungsgliedern um »γ« vom Albit gegen den Anorthit zu an Größe kontinuierlich abzunehmen scheint und stets »im« Sinne des Uhrzeigers von der Achsenfläche aus bleibt, ist beim Albit und Oligoklas der Grauwinkel für die »A«-Achse »entgegengesetzt«, beim Labradorit und Anorthit »im« Uhrzeigersinn zu finden. Es zeigt sich in diesem Wechsel der Graustellung gegenüber der Achsenfläche gleichsam das Analogon des Verhaltens der »A«-Achse

selbst. Vom Albit gegen den Andesin zu verschiebt sich diese Achse, wie es nach F. Beckes Projektion auf  $M$  (24) so deutlich zu sehen ist, gegen den Grundkreis, von  $M$  010 also weg, dreht sich dann beim Anorthitzuwachs um und wandert dann gegen  $M$  010 zurück. Mit dieser Achsenbewegung scheint sich die Graustellung in ihrem Verhalten eng zu verbinden. Dadurch ist der Grauwinkel vom Albit gegen den Andesin zu im positiven Sinne, nach Drehung der Achse gegen den Anorthit zu im negativen Sinne von der Achsenebene aus zu beobachten.

Interessant ist die Lage der Achsenpunkte für verschiedene Wellenlängen bei der » $B$ «-Achse zu verfolgen. Albit und Oligoklas haben die Achsen für rotes Licht gegen  $M$  (010) zu liegend, beim Labradorit und Anorthit gegen den Grundkreis! (Siehe Fig. 18, Verlauf der » $B$ «-Achse.) Wie nun dieser Wechsel der Achsenpositionen zwischen Oligoklas und Labradorit erfolgt, ist ganz ungewiß, und da läßt sich keine Vermutung aussprechen. Notwendig ist es, die Dispersion eines Andesins zu bestimmen, aus welcher möglicherweise Anhaltspunkte für die Lösung dieses Problems zu finden sein werden. Diese Untersuchung und das Verhalten auch noch anderer Mischungsglieder soll nach Maßgabe des noch zur Bestimmung erreichbaren Materials durchgeführt werden!

---

## Literaturverzeichnis.

1. Des Cloizeaux, Sur les propriétés optiques biréfringentes caractéristiques des quatre principaux feldspaths tricliniques, et sur un procédé pour les distinguer immédiatement les uns des autres. *Annales de chimie et de physique*, 5<sup>e</sup> série, t. IV. 1875.
2. Pfaff, *Sitzungsberichte der phys.-medizinischen Sozietät zu Erlangen*, 16. Dez. 1878.
3. Max Schuster, Über die optische Orientierung der Plagioklase. *T. M. P. M.* 1880, Bd. 30, S. 117.
4. C. Viola, *Feldspatstudien*. *Zeitschr. f. Kryst.*, Bd. 32, H. 4.
5. S. Kôzu, The dispersion phenomena of Albite from Alp Rischuna, Switzerland. *Min. Mag.*, 1915, vol. XVII, Nr. 81.
6. — *Sci. Rep. Tôhoku Imp. Univ. Sendai*, Japan, 1914, ser 2, vol. 2, p. 7.
7. S. Tsuboi, Optical dispersion of three intermediate plagioclases, *Min. Mag.*, 1923, vol. XX, No. 102.
8. F. Becke, *Anzeiger d. Akad. d. Wiss. in Wien, Sitzg. d. math.-naturwiss. Kl. am 13. I. 1921*.
9. F. Bräutigam, Die Dispersion des Orthoklases, *T. M. P. M.*, Bd. 35, H. 5, 6, 1921.
10. F. Becke, Übertragung konoskopischer Beobachtungen in stereographischer Projektion. *T. M. P. M.*, Bd. 35, H. 3/4, 1921.
11. — *Denkschriften der Wiener Akad. d. Wiss.* 1913, Bd. 75, und *T. M. P. M.*, 1894, Bd. 14, p. 415, 463.
12. B. Krebs, Albite von Rischuna in morphologischer Beziehung, *Zeitschr. f. Krist.*, 1921, Bd. 56.
13. W. J. Lewis, *Min. Mag.*, 1915, Vol. XVII, Nr. 81, p. 183.
14. F. Becke und M. Goldschlag, Die optischen Eigenschaften zweier Andesine. *Akad. d. Wiss. in Wien, math.-naturwiss. Kl.*, Abt. I, 1918, 127. Bd., H. 6 u. 7, p. 2.
15. — Albit von Amelia, *T. M. P. M.*, Bd. XIX, H. 4, p. 326.
16. C. Viola, Albit von Amelia vom Wallhornthörl, Prägraten. *Zeitschr. f. Krist.*, Bd. 32, H. 4, S. 323.
17. K. Chudoba, Die optische Orientierung des Albites Rischuna. *T. M. P. M.* Bd. XXXVIII, p. 88.
18. F. Becke, Die optische Orientierung der Achse »A« im Anorthit. *T. M. P. M.*, Bd. XIX, H. 3.
19. — Optische Orientierung des Anorthits vom Vesuv. *Sitzgsber. d. Wiener Akad. d. Wiss.*, math.-naturw. Kl., Bd. CVIII, Abt. I, Mai 1899.
20. J. Kratzert, Die krystallographischen und opt. Konstanten des Anorthits vom Vesuv. *Zeitschr. f. Kryst.*, Bd. 56, H. 5, 1921.
21. C. Klein, Optische Studien, *Sitzgsber. d. Berl. Akad.*, XIX, 13. April 1899.
22. S. Tsuboi, Optical dispersion of three intermediate plagioclases. *Min. Mag.*, 1923, vol XX, No. 102.
23. O. Großpietsch, Labradorit. *T. M. P. M.*, Bd. 33, H. 1 u. 2, 1915.
24. F. Becke, Die optischen Eigenschaften der Plagioklase. *T. M. P. M.*, Bd. 25, H. 1.
25. H. Fischer, Über die optischen Eigenschaften des Albites. *Zeitschr. f. Kryst.*, Bd. 61, H. 3/4, p. 226.